

Sauvegarde des arganiers algériens : techniques et outils à notre disposition.

Ronald BELLEFONTAINE ¹, Zahira SOUIDI ², Hachemi BENHASSAINI ³

¹ CIRAD, UMR AGAP, F-34398 Montpellier, France, ronald.bellefontaine@cirad.fr

² Université de Mascara, Faculté SNV, Laboratoire LRSG, Algérie, souidi.z@gmail.com

³ Laboratoire de Biodiversité végétale, UDL de Sidi Bel-abbès : ecoreve@yahoo.fr

Résumé

La reproduction naturelle de l'arganier en Algérie et au Maroc ne s'observe presque plus dans les sites naturels. La récolte quasi-totale des fruits pour produire l'huile d'argan et l'aridité croissante du climat sont telles que rares sont les fruits restés au sol qui germent encore, puis se développent. Dans certains cas isolés, on peut tout de même trouver de très jeunes plants d'arganiers : lorsque des animaux rejettent les graines, puis les enfouissent à faible profondeur dans des sédiments en bordure d'un oued, quand des écureuils les cachent dans des murettes, quand les fruits germent à l'abri d'une plante nurse épineuse.

Par contre, les fruits germent sans problème majeur dans les pépinières forestières et aucun prétraitement n'est absolument indispensable pour obtenir une germination correcte, d'autant plus qu'il y a généralement 2 à 4 graines par fruit. Les problèmes rencontrés ensuite en pépinière proviennent de la conduite des plantules (absence de démariage lorsqu'il y a plus de 2 graines germées et concurrence entre elles ; durée d'élevage en pépinière trop longue ; conteneurs inadaptés et chignonage ; substrats non appropriés ; arrosage non dosé et lessivage du substrat ; absence de mycorhization ; formation imparfaite du chef de culture entraînant une perte importante de plants en pépinière ; surveillance interrompue pendant les fêtes ; absence de réelle sélection à la sortie de la pépinière, etc.). Les plants produits sont ensuite transportés dans de mauvaises conditions (pas de caissettes adaptées aux conteneurs jusque sur le lieu de plantation), puis rarement plantés avec soin (délitement de la motte et plantation à racines nues ; baïonnettes, coups de pied et autres malformations racinaires). Les regarnis sont trop tardifs. Fautes d'essais satisfaisants, de nombreuses hésitations subsistent quant aux soins post-plantations à apporter (arrosage ; entretien de l'impluvium ; fertilisations ; protection contre les rongeurs et le bétail ; élagage précoce ; etc.). Après une à deux saisons sèches, rares sont les plantations de grandes superficies parfaitement réussies.

A défaut de semis naturels ou artificiels, il faut se tourner vers la multiplication végétative (MV). Le rejetonnage, qui ne peut que rarement être réellement considéré comme une méthode de MV, n'assure pas une survie infinie à la souche, qui finit par s'épuiser. Il existe d'autres méthodes relativement peu coûteuses avant de se lancer dans la culture *in vitro* : pour créer un parc à clones réunissant les meilleurs génotypes nationaux, le marcottage aérien de très vieux arbres est une technique de MV performante au Maroc, moyennant certaines précautions.

Le greffage au Maroc est plus délicat car, en fonction du type de greffage, la fenêtre optimale de compatibilité tissulaire varie. En Algérie, le greffage semble difficile, car les conditions climatiques de la zone naturelle de l'arganier (Tindouf) risquent d'induire un décalage physiologique entre les greffons et les porte-greffes (s'ils sont produits ailleurs qu'à Tindouf). Ces derniers doivent être de bonne qualité physiologique (jeunes) et «en sève», c'est-à-dire en plus forte activité physiologique que les greffons.

Le bouturage classique de bouts de branches ou de tiges réussit sous confinement et nébulisation lorsque l'ortet est relativement jeune et que des précautions pour transporter les ramets sont prises. Le bouturage de segments racinaires devrait être testé, car l'arganier dans un rayon d'1 à 2 mètres autour du tronc, drageonne apparemment dans certaines stations. Les jeunes drageons, s'ils sont protégés des caprins, peuvent constituer une source de ramets réactifs pour des opérations de multiplication (par bouturage ou greffage). Il conviendrait cependant de les étudier au niveau

génétique pour vérifier qu'ils ont bien le même patrimoine génétique que l'arbre-mère (que ce ne sont pas des semis). L'induction du drageonnage par blessures (superficielles ou sectionnement complet) de racines superficielles devrait être testée. Les espèces qui drageonnent ont la réputation de pouvoir être multipliées par des boutures de segments racinaires (bsr), technique autrefois utilisée en Europe ; des résultats récents en Afrique sur diverses espèces prouvent que des génotypes remarquables pourraient être mobilisés par bsr, car cette méthode est intéressante dès qu'on a affaire à un problème de mobilisation délicate (absence de graines ; échec des autres techniques de MV ; matériel âgé ou en mauvais état physiologique). C'est un moyen de rejuvenilisation de têtes de clone et de mobilisation d'arbres adultes âgés.

Lorsque les génotypes remarquables sont mobilisés par l'une de ces méthodes dans un parc à clones, ils peuvent être aisément multipliés par bouturage *herbacé* sous confinement et nébulisation. Ces arganiers remarquables et rajeunis pourraient dès lors être cultivés en mélange avec des légumineuses ou autres plantes à flore mycorhizienne compatible (plantes médicinales ? aromatiques ? ou plantes à latex comme le guayule - *Parthenium argentatum*).

Cet ensemble d'améliorations correctement appliquées permet d'entrevoir l'avenir de l'arganeraie avec optimisme et même de domestiquer l'arganier en quelques années.

Introduction

L'arganier ne se trouve à l'état naturel qu'au Maroc (Perrot 1907 ; Emberger 1925-a et b, 1939, 1960 ; Boudy 1948 et 1950 ; Peltier 1983-a et b, 1984, 1986 ; Benabid 1985, 2000) et en Algérie (Baumer et Zeraia 1999 ; Sahki et Rabéa-Sahki 2004 ; Msanda et al. 2005 ; Benkheira 2009 ; Kaabèche et al. 2010 ; Smiej et al. 2010). Il a été introduit dans divers pays dont l'Espagne (Zunzunegui [et al.](#) 2010), l'Australie, la Tunisie, et d'autres pays et avec succès en Israël (Mizrahi et Nerd 1996 ; Nerd et al. 1998 ; Yaghmur et al. 2001). Le changement climatique sensible en Espagne fait que ce pays semble s'y intéresser de plus en plus.

Au Maroc, l'aire d'extension plus ancienne devait être bien plus large qu'aujourd'hui : elle aurait pu occuper tout le Haouz de Marrakech, le Tadla et le bassin de la Moulouya (Emberger 1925-a ; Boudy 1950). Emberger signalait des stations isolées, notamment à l'Oued Grou, entre Tidès et Rommani au sud-est de Rabat sur environ 30 ha et une autre sur le versant nord du massif montagneux des Beni Snassen (Emberger 1925-a ; M'Hirit et al. 1998) entre Oujda et Berkane (sur environ 200 ha – Boudy 1950). La superficie actuelle est estimée à 800 - 870 000 ha (Nouaim 2005 ; M'Hirit et Blérot 1999 ; M'hirit et al. 1998 ; Alifriqui 2004). Mais ces superficies, variables selon les sources, ne sont plus l'élément essentiel. La densité d'arganiers qui autrefois était élevée (100 souches par ha) dans l'arganeraie de plaine (encore appelée « arganeraie verger » selon M'Hirit et al. 1998) et atteignait 700-800 souches par ha dans l'arganeraie de montagne (« arganeraie forêt ») que l'on rencontre jusqu'à une altitude de 1 400 à 1 500 mètres. Cette densité est en chute libre malgré tous les constats et études réalisées, principalement dans les plaines (Monnier 1965 ; El Yousfi 1988 ; Benzyane et Khatouri 1991 ; M'hirit et al. 1998 ; El Yousfi et Benchekron 1992 ; Nouaim 1994 et 2005 ; Kaaya 1998 ; Aziki 2002 ; Tarrier et Benzyane 2003 ; Chaussod et al. 2005 ; El Aïch et al. 2005 ; Faouzi 2005 et 2006 ; Kenny 2007 ; Aziz et al. 2012). Lors du 1^{er} Congrès international sur l'Arganier (Bellefontaine et al. 2012-a), deux études ont montré que dans la région d'Aït Baha, entre 1949 et 2003, la densité à l'ha a baissé de 100 à 25 (El Aboudi et Lacaze 2012) et dans la région d'Aoulouz, elle a diminué de 44 % entre 1970 et 2007 (Le Polain de Waroux et Lambin 2011).

En Algérie, l'arganier se rencontre au sud-ouest de Tindouf sous forme de peuplements relictuels dégradés occupant les lits d'oueds près de Touaref Bou-aâm, Merkala et Targant (Fig. 1), où les peuplements sont menacés par le changement climatique et les pratiques humaines (Benkheira 2009). Selon Kaabèche et al. (2010), l'aire de répartition de l'arganier en Algérie englobe, au sein de la hamada de Tindouf, le périmètre suivant :

- au nord-ouest : les crêtes méridionales du djebel Tazout et du djebel Ouarkziz ;
- au nord et au nord-est, les « kreb », c'est-à-dire les revers rocheux de la hamada ;
- à l'ouest : l'extrémité occidentale du « kreb el hamada » au dessus du plateau de Merkala ;
- au sud : la limite méridionale du plateau reliant la Tour de Merkala à la dépression de Touaref Bou-Aam ;
- à l'est, la haute vallée de l'oued El-Ma depuis sa jonction avec l'oued El-Gahouane jusqu'à sa source au niveau des contreforts du djebel Ouarkziz.



Fig.1 : Limites de la zone à arganiers sur fond topographique. Feuille de Merkala (1/200 000)
(In : Benkheira 2009).

Son aire de répartition géographique couvre un territoire relativement important dans le nord-ouest de la wilaya de Tindouf où cette espèce constitue la deuxième essence forestière après l'*Acacia radianna*. Il forme dans l'Hamada de Tindouf des populations dispersées (Baumer et Zeraia 1999), regroupées selon un mode contracté : structuré en galerie (ripisylve) d'une part et d'autre le long des berges des oueds où il trouve les compensations hydriques nécessaires. Située à la limite orientale de son aire de répartition, en condition d'extrême xéricité et dans un contexte écoclimatique hyperaride, l'arganeraie de Tindouf, en l'absence de l'ambiance atlantique dont jouit celle du Maroc et sous l'effet conjugué des pâturages et des coupes excessives, a vu son aire de répartition rétrécir de manière inexorable, jusqu'à ne former que des « peuplements » reliques ayant différentes typologies (Benkheira 2009).

En Algérie, comme au Maroc, la dégradation est très inquiétante, car à part des rejets de souche, on n'observe plus guère de très jeunes régénérations (semis d'1 à 2 ans, sauf dans de très rares situations : semis naturels dans des plantes épineuses proches d'un oued, fruit caché par des écureuils dans des murs en pierres sèches, etc). Cette constatation a été réalisée par de très nombreux auteurs depuis quelques dizaines d'années (Boudy 1948 et 1950 ; Monnier 1965 ; Nouaim 1994 et 2005 ; M'hirit et al. 1998 ; Kaaya 1998 ; Bani-Aameur 2001 ; Tazi et al. 2003 ; Wajih 2003 ; Kenny 2007 ; Ait Abd 2007), mais depuis 2011, la situation évolue très favorablement avec l'installation de l'ANDZOA (Agence Nationale de Développement des Zones Oasiennes et de l'Arganeraie), créée très récemment (Bellefontaine et al. 2012-a).

Il est urgent de sauvegarder ce patrimoine génétique dont la variabilité, de nombreuses fois signalée, est très importante (Boudy 1948 et 1950 ; El Aboudi et al. 1991 ; Nouaim 1994 et 2005 ; Ferradous 1995 ; El Mousadik et Petit 1996-a et b ; El Mousadik 1997 et 1999 ; Petit et al. 1998 ; Kaaya 1998 ; M'hirit et al. 1998 ; Zahidi et Bani-Ammeur 1998-a et b ; El Alaoui 1999 ; Bani-Aameur 1999 ; Alouani 2003 ; Chaussod 2004 ; Zahidi 2004 ; Bouzoubaa 2006 ; Kenny 2007 ; Majourhat et al. 2007 ; Ait Abd et al. 2011). Des études de pollinisation contrôlées ont été réalisées (Kaaya 1998 ; Benlahbil et Bani-Aameur 1999 ; Benlahbil 2003) et de nombreuses méthodes de multiplication végétative ont été testées, dont certaines sont maintenant fiables comme on le verra ci-dessous. Ces outils seront indispensables pour les populations vivant dans les contrées semi-arides ou arides, notamment à cause des très nombreux avantages, services et co-produits fournis par l'arganier (alimentation humaine, commerce de l'huile d'argan, fourrage vert sur pied pour les chèvres et camélidés, tourteaux pour les troupeaux, médicaments, cosmétiques, etc (M'hirit et al. 1998 ; El Alaoui 1999 ; Moukal 2004 ; Charrouf et Guillaume 2009 ; Charrouf et Pioch 2009 ; Bourbouze et El Aich 2005 ; El Aich et al. 2005 et 2007 ; Zugmeyer 2006 ; Naggar et Mhirit 2006 ; Pumareda et al. 2006 ; Kenny 2007 ; Nouaïm et al. 2007 ; Simenel 2004 et 2007 ; Simenel et al. 2009).

Le vieillissement des peuplements et l'épuisement continuel des souches (taillis et rejets) conduit à une impasse. Il est indispensable de mettre sur pied, avec une réelle implication des populations

concernées, des programmes de sauvegarde de la ressource génétique, de création de parcs à clone, de vergers de graines, de parcelles expérimentales dans divers micro-climats, et dans ce cadre de rédiger de nouvelles lois ou décrets, et enfin de former à ces méthodes les forestiers, agronomes, sylvopastoralistes, pépiniéristes, éleveurs et tous les autres bénéficiaires et usagers.

Les principaux problèmes relatifs aux plantations

Outre la formation des personnels (forestiers, sylvopastoralistes, responsables et autorités locales) et les conflits entre forestiers et populations de pasteurs nomades, les principaux problèmes rencontrés se situent i / au niveau de la pépinière (la formation de pépiniéristes et la gestion optimale des pépinières, avec mycorhization contrôlée par inoculation en pépinière), ii / de l'adhésion totale avec implication réelle des populations riveraines des arganeraies, iii / et enfin des techniques de plantation et iv / d'entretien des surfaces installées (Bellefontaine et al. 2012-g).

Gestion des pépinières

Si dans le chapitre suivant, nous ne traiterons que de la multiplication végétative, rappelons que la reproduction sexuée croisée est fondamentale, car elle assure la variabilité génétique. S'il l'on crée des parcs à clones d'arganiers remarquables, c'est pour assurer une variabilité génétique suffisante et produire, en plus de parcelles clonales, des plantations issues de vergers à graines et donc de reproduction sexuée. Des graines de très bonne qualité sont donc indispensables. Plutôt que d'acheter sur les marchés locaux des lots de fruits, il est indispensable d'améliorer les conditions de récolte, de conservation et les conditions expérimentales, y compris les prétraitements appliqués avant, pendant ou après la conservation des fruits d'arganiers. Au Maroc, de nombreuses études ont été menées depuis plus de 20 années et parfois avec des techniques très sophistiquées (Nouaim 1994 ; Alouani et Bani-Aameur 1999 ; Bani-Aameur et Alouani 1999 ; Nouaim et al. 2002 ; Alouani 2003 ; Bouzoubaa et El Mousadik 2003 ; Alouani et Bani-Aameur 2004 ; Zahidi 2004) ainsi qu'en Algérie (Miloudi et Belkhodja, 2009). La plupart des pépiniéristes et certains auteurs confirment cependant que si les fruits récoltés à temps sont bien conservés, le taux de germination est toujours très satisfaisant, rendant inutiles les prétraitements coûteux les plus sophistiqués. Et cela d'autant plus qu'il y a au moins 2 si pas 3, voire 4 graines viables par fruit (Bellefontaine et al. 2012-c ; Le Boulter et al. 2012).

Le problème majeur pour l'arganier est sa gestion et conduite en pépinière durant les 3 à 7 mois qui suivent la germination. Le type de conteneurs, le substrat, la nutrition liée à une irrigation non maîtrisée, l'absence de mycorhization, posent encore souvent de très nombreux problèmes en Afrique du Nord.

* Les sachets en polyéthylène, avec ou sans fond, doivent être abandonnés (Fig. 2). En Europe, à la suite d'analyses de la mortalité et de la faible croissance de reboisements réalisées il y a une trentaine d'années, il a été constaté qu'avec ces conteneurs obsolètes, les plants se développaient lentement (Fig. 2) et avaient des malformations racinaires (chignons, crosses, baïonnettes) (Le Boulter et al. 2012 ; Bellefontaine et al. 2012-b) qui se répercutaient sur la croissance, faible ou médiocre, ou étaient directement responsables de la mortalité des jeunes plants, en quelques mois ou après quelques années parfois. Le fonctionnement physiologique et le bon développement racinaire, nécessaires à l'exploitation des ressources hydriques et minérales du site de plantation sont perturbés. Les résultats obtenus au Maroc avec des conteneurs modernes (WM ou autres godets) et en hors sol ont permis d'obtenir des plants vigoureux (semis et boutures) dotés de nombreuses racines pivotantes et d'un réseau de racinelles performant (Fig. 3) permettant au jeune plant mis en place de profiter des premières pluies ou de l'arrosage artificiel (Bellefontaine et al. 2010 ; Bellefontaine et al. 2012-e). Il est vivement conseillé d'adopter des godets individuels anti-chignon ou des plaques rigides alvéolées portant sur leurs parois intérieures des rainures en relief. Ces rainures guident les racines vers le fond grillagé à mailles larges. Disposés hors sol, c'est-à-dire placés sur un support à au moins 15-30 cm du sol, les racines qui auront atteint le fond sont exposées à l'air ambiant et leurs extrémités se nécrosent, mais dans les godets, elles développent de multiples bourgeons racinaires (Fig. 3). Après la plantation (Fig. 4), les godets et conteneurs vides seront traités avec précaution, puis remis à l'abri des UV pour être conservés au moins dix ans.



Fig. 2 à 4 (Photos Bellefontaine) : Arganiers élevés en sachet (Fig.2) et en hors sol dans des godets rainurés (Fig. 3 et 4).

Fig. 2 (à g.) - semis classique âgé de 7 mois en sachet polyéthylène (ici, sans son substrat).

Fig. 3 (au centre) - bouture herbacée à 4 mois (ici, sans son substrat) au CRRF à Marrakech.

Fig. 4 (à dr.) - à 1 an après sa plantation dans un sol sableux (févr. 2011 à 20 km S-E d'Agadir).

* Le substrat : adopter des conteneurs modernes et une production hors sol ne sert pas beaucoup si un substrat inadapté est utilisé. A lui seul, le substrat conditionne le système racinaire et la future qualité physiologique du plant (Le Boulter et al. 2012). Pour réduire les coûts, il doit si possible être produit avec des végétaux locaux compostés selon des règles à déterminer pour chaque site. Deux composants sont indispensables : un « aérateur » chimiquement neutre, léger et résistant au compactage et un « rétenteur-relargueur » (d'eau et de sels minéraux) stable qui doit assurer à la fois et en permanence une disponibilité en air et en eau élevée et durable, un stockage et un relargage régulier et facile d'eau et d'éléments nutritifs. De plus, il doit être léger et constituer une motte cohérente, facile à planter. La durée et autres conditions de compostage sont à déterminer localement. La porosité de l'ensemble doit être égale ou supérieure à 80 %, soit une forte disponibilité en eau, tout en assurant une aération maximale (Le Boulter et al. 2012 ; Bellefontaine et al. 2012-g).

* La nutrition et l'irrigation : si la question des substrats normalisés, stabilisés et reproductibles dans le temps est réglée, il convient d'étudier l'irrigation, car la quantité et la qualité de l'eau interfèrent sur la nutrition, de même que les pluies (si à certains mois de l'année, elles sont importantes). On a avantage à réduire la durée de production des plants d'arganiers au strict minimum pour minimiser les coûts de production en pépinière. Dans la pratique, pour les régions où les pluies hivernales sont irrégulières, on sera parfois obligé d'allonger de quelques semaines cette durée dans l'attente des premières pluies tombées sur les parcelles à planter. Si les irrigations sont excessives ou mal contrôlées, le substrat sera lessivé et la croissance trop faible. Il convient d'étudier le dosage d'engrais à ajouter au substrat. L'ajout d'engrais à libération retardée donne de bons résultats dans des conditions très contrôlées, car leur vitesse de libération est dépendante de deux facteurs : l'humidité du milieu et la température. Une solution, non généralisable à tous les pays, est la ferti-irrigation raisonnée qui donne de très bons résultats, si le chef de culture est bien formé et motivé (Le Boulter et al. 2012 ; Bellefontaine et al. 2012-g). Ces chefs de culture seront des techniciens supérieurs, diplômés et ayant suivi des stages en Europe. Pendant toute la durée de la production de jeunes arganiers en pépinière, ils devront absolument assurer une surveillance continue du dispositif automatisé, y compris durant les congés et fêtes, pour optimiser le dosage et la régularité dans le temps des apports en eau et en fertilisants et éviter notamment le lessivage souvent omniprésent.

* Les associations symbiotiques sont intéressantes à la fois pour les arbres et pour le champignon (ou la bactérie). Ces micro-organismes profitent d'une part des ressources carbonées synthétisées par les arbres, mais d'autre part, ils favorisent la nutrition minérale et l'absorption d'eau des plants, car le volume de terre prospecté par les hyphes est bien supérieur pour un plant mycorhizé que pour un plant qui ne l'est pas. Ces filaments mycéliens interagissent directement sur le taux de reprise et la croissance juvénile des jeunes arganiers plantés. L'efficacité symbiotique dépend du potentiel mycorhizien des espèces ligneuses (légumineuses à nodules, plantes à mycorhizes à vésicules et arbuscules, plantes accompagnatrices, plantes « nurses ») existant dans le sol ou dans le substrat et de la fertilité chimique du substrat.

Les arganiers se caractérisent par des racines magniloïdes (Benkheira 2009), c'est-à-dire dépourvues de poils absorbants (Fig. 5). Les poils absorbants ne sont pas indispensables à la symbiose, car les arganiers s'associent avec des endomycorhizes à arbuscules (Kenny et al. 2009). De nombreux hyphes mycéliens visibles uniquement au microscope sortent de la racine et explorent un volume considérable autour de ces racines magniloïdes. Peu d'essais ont été réalisés jusqu'à présent au Maroc sur les arganiers, mais ils ont toujours très probants (Nouaim 1994 ; Nouaim et Chaussod 1994 et 1996 ; Nouaim et al. 1994 ; Jaafar et Alifriqui 1998 ; Nouaim et al. 2002 ; Nouaïm et al. 2007 ; Echairi et al. 2008 ; Kenny et al. 2009). On optera pour la mycorhization contrôlée par inoculation en pépinière d'une ou plusieurs souches mycorhiziennes ubiquistes et à large spectre, soit en introduisant à côté et en même temps que les arganiers, des plantes facilitatrices (encore appelées nurses ou plantes hautement mycotrophes). Ce système de « co-plantation » s'est révélé efficace au Maroc en associant *Lavandula multifolia* au *Cupressus atlantica* ; une année après la plantation de *C. atlantica*, la mortalité cumulée des plants mycorhizés était de 15 % alors que pour les témoins non inoculés, elle était de 38 % (Duponnois et al. 2011).



Fig. 5 : Racines magniloïdes de l'arganier (In : Benkheira 2009).

Participation effective des populations et des pasteurs

L'arganeraie est indispensable non seulement à l'alimentation humaine, la pharmacopée, la survie de troupeaux de caprins et d'ovins, voire des camélidés, notamment pendant la longue saison sèche (Bourbouze et El Aïch 2005 ; El Aïch et al. 2005 ; Zugmeyer 2006 ; Genin et Simenel 2010-a et b). En Algérie, il est également exploité pour la fabrication artisanale du charbon de bois (Fig. 6 et 7). Il est donc indispensable de parvenir à obtenir un partenariat très étroit entre les populations habitant les forêts d'arganiers et les autorités forestières.



Fig. 6 : Signes de déprédation (In : Benkheira 2009).

Fig. 7 : Arganiers surpâturés (Bellefontaine).

Pour regarnir et redensifier des arganeraies trop claires, la plantation de jeunes arganiers doté d'un enracinement dense et d'une croissance juvénile rapide (plants élevés dans des conteneurs modernes et avec un substrat adéquat, puis sélectionnés à leur sortie de pépinière) raccourcissant ainsi la durée des mises en défens post-plantation, permettra l'implication réelle, effective et active des populations et la préservation des arganiers relictuels qui subsistent. A titre d'exemple, les troupeaux des riverains de l'arganeraie reboisée (sur plus de 500 ha) de Tifaddine au Maroc respectent depuis sept années les périmètres de régénération, car ils ont constaté la réussite de ces plantations (Defaa et al. 2012 ; Bellefontaine et al. 2012-b) et en tireront des bénéfices évidents et multiples.

La sensibilisation de la population et sa prédisposition à coopérer conditionnent la réussite effective des plantations ; ces dernières seront dès lors respectées par les agro-éleveurs et les nomades. Cette réussite passe aussi par une mise en défens très courte (réduite à quelques années) et par la définition précise des devoirs et des droits des populations (notamment pour la récolte et la vente de co-produits autres que le bois) (Defaa et al. 2012 ; Aziz et al. 2012).

Techniques de plantation et de Gestion Conservatoire des Eaux et des Sols (GCES)

Le principe de base de la GCES repose sur l'idée que la réussite d'un aménagement antiérosif ne peut être durable sans la participation paysanne depuis la conception du projet et sans l'intégration des contraintes socio-économiques et du raisonnement paysan dans la démarche scientifique. Les paysans n'acceptent un surcroît de travail que s'ils remarquent une amélioration de la productivité. Il avait été constaté auparavant que les techniques mécaniques et biologiques seules ou associées n'entraînaient que très rarement une augmentation de la production végétale.

Pour restaurer la productivité d'une parcelle, il faut non seulement conserver les eaux de surface en réduisant le ruissellement ou le concentrant sur les points de production, mais aussi accumuler du sol pour stocker l'eau d'infiltration disponible et pour fournir aux plantes cultivées les nutriments nécessaires (Roose et al. 2011 ; Bellefontaine 2012-g).

En milieux chauds même semi-arides, il est possible d'accélérer l'altération de certaines roches et, dans certaines conditions, de restaurer la capacité de production de sols suffisamment profonds mais dégradés par l'érosion et d'améliorer la biodiversité. Six règles doivent être respectées (Roose et al. 2011) :

- * prévoir une gestion adéquate des eaux de surface (cordons de pierres, haies vives, paillis, zaï, cuvettes, etc.) ;
- * recréer la macroporosité par un travail profond, au moins sur la ligne de plantation, et stabiliser la structure du sol en enfouissant des matières organiques ou des carbonates de chaux ;
- * revitaliser l'horizon de surface par l'apport de matières organiques humifiées (compost, fumier, litière, légumineuses rampantes) ;
- * corriger le pH du sol (entre 5 et 8) pour supprimer la toxicité aluminique sur les sols très acides (cendres, résidus divers, paillage) sans restreindre la solubilité des oligo-éléments sur les sols alcalins ;
- * nourrir les plantes en rendant le stock de nutriments assimilables (matières organiques, purin, feu, litières) et compléter les besoins des plantes par des apports minéraux raisonnés ;
- * choisir des plantes adaptées localement aux besoins des utilisateurs et aux conditions écologiques de la zone.

Cet investissement en travail et en fumure organique et minérale n'est acceptable que si l'amélioration des revenus est sensible et les conditions socio-économiques favorables (Roose et al. 2011). L'investissement indispensable pour restaurer le sol (aménagement antiérosif, fumure organique et minérale, travail, semences améliorées, soins phytosanitaires) ne sera accepté par les fellahs que si les contraintes foncières sont levées et si les bénéfices le justifient.

Lors de la plantation proprement dite et pour éviter le choc de la transplantation, les plantules âgées de quelques mois seront retirées avec précaution du godet rainuré à l'instant même de la plantation, afin de réduire au maximum les risques de délitement de la motte et le dessèchement du plant. Vu le

très petit nombre de plantations d'arganiers réussies au Maroc et en Algérie, les références bibliographiques sont encore rares à ce sujet (Fallah 2004 ; Defaa et al. 2012 ; Le Boulter et al. 2012).

Entretiens ultérieurs

Les nouvelles techniques culturales en pépinière (godets rigides rainurés, hors sol, optimisation de substrats standards et de la ferti-irrigation) permettent de produire des plants disposant de plusieurs racines pivotantes et d'un réseau dense de racines latérales, qui, en plantations se développeront ensuite vigoureusement (Bellefontaine et al. 2012-e ; Le Boulter et al. 2012) (Fig. 3 et 4).

Les fruits d'arganiers renfermant plusieurs graines, il faut soit semer ces graines séparément après avoir cassé la coque, soit semer un fruit entier et démarier après une à deux semaines les 2, 3 (4) graines germées en endommageant au minimum les jeunes plantules et racelles (Bellefontaine et al. 2012-a et b).

Pour optimiser le taux de réussite des plantations, notamment durant les deux premières années, quelques études ont été réalisées sur des arganiers « tout venant » (non sélectionnés, ni clonés), parfois avec un dispositif expérimental inadéquat (Peltier et al. 1990 ; Fallah 2004 ; Berka et Aid 2009 ; Bouzoubaa 2006 ; Bouzoubaa et al. 2006).

Des études complémentaires installées suivant un dispositif statistique valable doivent encore être menées : analyse des associations symbiotiques (endomycorhizes), utilité de la conservation des plantes-nurses, nécessité de l'arrosage (quantité, fréquence) durant la première année, dosage et fréquence des fertilisants minéraux, le désherbage et l'entretien de l'impluvium pendant la première année sont-ils utiles ou néfastes un à deux mois avant la fin de la saison des pluies, impact du manchon anti-rongeurs sur la croissance des jeunes arganiers, âge et intensité de la taille de formation pour optimiser la production fruitière, sans oublier d'une part et d'autre part la poursuite des recherches génétiques (variabilité, hérédités, sélection des clones adaptés) (Bellefontaine et al. 2012-a).

Quelles méthodes de multiplication végétative pour créer un parc à clones ?

La multiplication végétative permet d'une part une duplication asexuée en évitant les recombinaisons génétiques et d'autre part un affranchissement par rapport à la plante-mère. Les drageons et les marcottes terrestres produisent généralement leurs propres racines dans un délai de quelques années (quelques mois pour les espèces des régions tempérées ou tropicales humides à quelques années pour celles des régions sèches). Pour les rejets de souche, les espèces dont les rejets émettent un nouveau système racinaire sont relativement rares. Si les marcottes terrestres, drageons, stolons, rejets développent leur propre système racinaire et sont complètement indépendants trophiquement (pour l'eau, les sucres et les éléments minéraux), ils deviennent des individus séparés et autonomes. Dans ce cas, on peut alors effectivement parler de multiplication végétative (Bellefontaine 2005).

Le rejetonnage

Lorsque l'on exploite le bois de l'arganier, des bourgeons situés à la base de la souche se développent en « rejets de souche ». Ces derniers constituent aujourd'hui, de toute évidence et sur toute son aire, la principale voie de régénération de l'arganier. Après une exploitation, on peut ainsi dénombrer de 20 à 50 rejets par souche (Boudy 1950 ; M'Hirit et al. 1998 ; Bellefontaine 2005, 2010).

Dans le cadre de la production de bois, la productivité des souches d'arganier a été étudiée par divers auteurs (Boudy 1950 ; Benzyane et Khatouri 1991 ; M'Hirit et al. 1998 ; Belghazi et al. 2007 ; Kenny 2007 ; etc.), mais dans le cadre de la quantité de fruits produits par saison, on ne dispose pas d'études spécifiques précisant s'il convient lors du dépressage (à quel âge ?) de laisser 2, 3, 4 (ou plus) rejets par souche. Lorsque le nombre de rejets est important, la concurrence et le manque de lumière pour les fleurs et l'abrutissement des fleurs ou des jeunes fruits (sur les brins les plus proches du sol) réduisent alors la production annuelle de fruits. Il est indispensable de mener à bien de telles études selon un dispositif d'essai adéquat.

Aucune recherche n'a été menée à ce jour pour déterminer si un nouveau système racinaire se développe autour de chaque rejet dépressé, comme c'est le cas pour le châtaignier. Et ainsi, nul ne peut affirmer que le rejetonnage constitue une voie de régénération indéfinie et sans risque ; en effet,

si les rejets ne produisent pas de nouvelles racines autonomes, on peut craindre qu'après plusieurs rotations la souche s'épuise définitivement et meurt (Bellefontaine 2010).

Le greffage

Dès les années 90, différentes techniques de greffage ont été tentées au Maroc dans la région atlantique sans gel en hiver et au printemps (la température ne descend qu'exceptionnellement sous 0 °C à Agadir) et ont donné quelques résultats souvent difficiles à reproduire (Bellefontaine 2010), car le nombre de plants greffés ou le dispositif statistique ne permettaient pas de conclure définitivement (Nouaim 1994 ; Mokhtari et Zakri 1998 ; Mokhtari 2002 ; Kenny 2007 ; Kenny et al. 2009). Pour des raisons administratives, le « Projet John GOELET de clonage des arganiers » s'est déroulé principalement à Marrakech, ville située au pied du Haut Atlas, où les nuits hivernales et printanières sont nettement plus froides (Bellefontaine et al. 2010). Malgré des dispositifs statistiques adéquats, de mai 2008 à octobre 2009, 919 greffons récoltés sur les 14 ortets sélectionnés par la population locale dans trois sites ont été greffés (Fig. 8) dans la pépinière du Centre Régional de Recherche Forestière (CRRF) de Marrakech, sans compter les essais «non officialisés». Le greffage sous nébulisation à l'air libre a été un échec. Le taux de réussite sous confinement et nébulisation apparaît globalement faible, au vu des nombreuses greffes effectuées pour chaque clone à différentes périodes de l'année (Bellefontaine et al. 2010 ; Bellefontaine et al. 2012-d). Les conditions climatiques de Marrakech sont plus rigoureuses que celles de la zone naturelle de l'arganier, induisant un net décalage physiologique entre les greffons et les porte-greffes, ce qui pourrait expliquer les échecs, dus aussi à l'hétérogénéité des porte-greffes disponibles. Les essais du 30 juillet 2008 (les ortets étaient en repos végétatif) semblent avoir un peu mieux réussis que ceux de fin mai 2008 qui ont souffert du décalage physiologique et des fortes températures. Le 24 février 2009, une dizaine de greffes en fente d'octobre 2008 (réalisées alors que les greffons étaient en sève !) avaient réussi. Le constat d'octobre 2009 pour les greffes réalisées en février est peu favorable (Bellefontaine et al. 2012-d et e).



Fig. 8 : Plant greffé au CRRF, destiné à produire des boutures herbacées (Photo Bellefontaine).

Entre décembre et avril, il est très difficile d'obtenir de fort taux de réussite à Marrakech, car les porte-greffes ne sont pas suffisamment réactifs (en sève) par rapport aux greffons et de mars à juillet, les arganiers sont en fleurs et/ou en fruits. On peut provisoirement retenir de tous ces essais que sous nébulisation à Marrakech, les mois de juillet (+ mai, peut-être ?), septembre-octobre semblent un peu plus favorables, notamment pour les greffes en écusson. Mais pour multiplier des ortets remarquables, il vaut mieux opérer tout près de leur région d'origine et le long de l'Océan Atlantique (Agadir). L'échec du greffage à Marrakech nous a conduit à développer le marcottage aérien, technique efficace pour multiplier végétativement les arganiers (Bellefontaine et al. 2012-f)

Le marcottage aérien

L'Institut Agronomique et Vétérinaire (IAV) d'Agadir et le CIRAD - Montpellier ont coopéré dans le cadre d'un projet européen (Kenny et al. 2009). Des essais prospectifs ont été menés sur huit génotypes différents, malheureusement sans un dispositif expérimental adéquat (Saibi 2007 ; Bouiche 2008 ; Kenny et al. 2009 ; Bellefontaine 2010).

Dix années auparavant, l'IAV avait déjà tenté le marcottage aérien sur quatre arganiers différents à deux saisons (novembre et juin), quasiment sans succès : une marcotte avec un enracinement réduit à sa plus simple expression (Mokhtari et Zakri 1998 ; Bellefontaine 2010).

Des essais IAV de 2008 (Fig. 9), comptabilisant 170 marcottes (Bouiche 2008) et sans pouvoir tirer de conclusions définitives du fait du dispositif, des observations intéressantes permettent de mettre en exergue que trois à quatre mois après le marcottage, des racines adventives vigoureuses et ramifiées apparaissent principalement dans le substrat à base de sphaigne du Chili et sur rameau jeune (Bouiche 2008 ; Kenny et al. 2009 ; Bellefontaine 2010 ; Bellefontaine et al. 2012-f).



Fig. 9 et 10 : Marcottes aériennes sevrées (MAS) :

* Fig. 9 (à g.) - MAS depuis un mois et placée dans un sachet contenant du terreau. On aperçoit de jeunes racelles émises depuis le sevrage (Photo Bouiche).

* Fig. 10 - MAS avec son manchon de sphaigne au moment de son sevrage (on vient de couper la branche de 1,5 cm de diamètre d'un vieil arganier) qui, in situ, va être mise en seau de 5 litres de terreau et transportée dans le parc à clones du CRRF à Marrakech (Photo Bellefontaine).

Dans le cadre du « Projet John GOELET de clonage de l'arganier » réalisé au Maroc, pour mobiliser les têtes de clones (ortets) que l'on ne parvenait pas à greffer *ex situ*, le CIRAD a proposé de reprendre et d'améliorer la technique du marcottage aérien. Cette technique de mobilisation *in puis ex situ* d'arganiers âgés (de 200 à 400 ans) s'est montrée très performante (Fig. 10) avec de la sphaigne et à condition de respecter des règles strictes (Bellefontaine et al. 2012-f).



Fig.11 : Marcotte aérienne sevrée et plantée avec la motte de sphaigne, conservée au CRRF de Marrakech pour produire des boutures herbacées.

Les marcottes sevrées et replantées *in situ* délicatement dans du terreau horticole (Fig. 11), avec le manchon de sphaigne contenant les racines adventives très fragiles, servent ensuite de relais *ex situ*

comme pieds-mères pour produire des boutures herbacées qui émettront un enracinement vigoureux en quelques semaines.

Le marcottage terrestre

Au Maroc, dans les forêts d'arganiers, le marcottage terrestre est plus fréquent que le drageonnage, notamment en bordure d'oued (surtout lorsque des sédiments se déposent sur les branches basses plagiotropes après des crues), en plaine et dans les sites très venteux. Dans ce dernier cas, les arganiers sont couchés par les vents marins et leurs branches inférieures s'enracinent. Des racines adventives souvent peu nombreuses apparaissent alors à la base de ces branches. Il n'est pas possible de tirer profit de ces marcottes naturelles pour régénérer l'arganeraie (Bellefontaine 2010).

Le drageonnage

Les drageons proviennent généralement de racines superficielles de ligneux divers. Certains sont très rapidement autonomes en moins d'un an et produisent leurs propres racines et d'autres, principalement dans les zones sèches, mettent parfois plusieurs années avant de s'affranchir de l'arbre-mère. Le drageonnage, résultant très souvent d'un stress naturel (ou non), est obtenu le plus souvent après induction par l'homme. Au Maroc, aucune induction du drageonnage n'a jamais été réalisée sur l'arganier (Bellefontaine 2010).

Chez de très nombreuses autres espèces ligneuses, on remarque dès lors que des pousses néoformées à partir de bourgeons adventifs se développent sur des racines superficielles de l'arbre-mère, en général entre 5 et 15 cm de profondeur. L'aptitude au drageonnage est variable selon les espèces et vraisemblablement les clones. Les cas signalés de drageonnage sur arganiers sont rares (Bellefontaine 2010 ; Bellefontaine et al. 2010 ; Bellefontaine et al. 2012-d). Au sud d'Agadir, certaines tribus différencient dans leur langue locale les drageons des semis ou des rejets (Simenel et al. 2009).

Au pied de très nombreux arganiers, dans un rayon d'1 à 2 mètres autour du tronc, on remarque souvent des « rejets » (Fig. 12), même si ces arganiers semblent n'avoir jamais été coupés. Ces drageons (très vraisemblablement, bien que cela n'ait jamais été étudié notamment à cause de la présence de très nombreuses épines), constituent une source de ramets proches du collet et sont donc plus réactifs à la multiplication végétative. Il serait intéressant de déterminer, par analyse génétique, si ces suppléants sont des drageons (ayant le même génotype que l'arganier-mère) ou des graines issues d'un seul et même fruit, ou encore de plusieurs fruits qui auraient germé au pied même de l'arbre. Il pourrait s'agir de drageons, ainsi que le suggèrent certains auteurs, sans cependant apporter de preuves (M'Hirit et al. 1998 ; Kenny 2007). Les espèces ligneuses qui drageonnent (Bellefontaine 2005) ont très souvent la faculté d'être multipliées par boutures de segments racinaires.



Fig. 12 : Rejets basaux, drageons ou semis à la base d'un arganier (Photo Bellefontaine).

Le bouturage de segments de racines (BSR)

Aucun essai de BSR n'a jamais été tenté sur les arganiers. Le BSR était autrefois utilisée en Europe. Cependant, des résultats récents en Afrique sur d'autres espèces montrent que cette technique très économique est fiable (Bellefontaine et al. 2012-d). La réinstallation des bsr (boutures de segments racinaires) en terre a lieu là où l'agriculteur le souhaite, bien que le BSR se réalise souvent en pépinière avec transplantation ultérieure. Pour copier un arbre exceptionnel, le BSR ne nécessite que très peu d'outils et quasiment aucune formation des populations rurales (Bellefontaine 2005 ; Nsibi 2005 ; Meunier et al. 2006, 2008 ; Morin et al. 2010 ; Ky Dembélé et al. 2010). Un avantage précieux est que cette méthode permet d'obtenir directement la symbiose avec les champignons endomycorhiziens présents dans les racines de l'arganier.

En Tunisie, des bsr ont été prélevées sur des racines superficielles des chênes-lièges d'âges différents (1, 10, 20, 50 et 100 ans), sélectionnés dans la suberaie de Tabarka. Ces essais ont eu lieu à deux périodes de l'année (décembre et juin), avec des substrats et hormones différents. L'analyse de la variance a mis en évidence des effets très hautement significatifs pour l'ensemble des facteurs étudiés (Nsibi et al. 2003). Ces bsr ont émis à la fois des pousses aériennes (que les auteurs appellent « drageons ») et des racines adventives (Fig.13).



Fig. 13 : Deux boutures de segments racinaires (bsr) de chêne-liège, avec racines néoformées et axe aérien (Photo Nsibi).

Les principaux résultats de Nsibi (2005) et Nsibi et al. (2003) sont résumés ci-après (Bellefontaine et al. 2012-d). En ce qui concerne la saison, les bsr prélevées en juin et développant un ou plusieurs « drageons » durant l'été supplantent, en nombre de « drageons » par bsr et en taux de réussite, les bsr récoltées en décembre et se développant en hiver. Concernant le substrat, les taux de réussite sont toujours meilleurs avec la perlite par rapport à la tourbe, été comme hiver. De plus, la tourbe produit un nombre de « drageons » toujours plus faible (2) par rapport à la perlite (6). Les bsr provenant de jeunes plants ont toujours plus de « drageons » et un taux plus élevé que les bsr prélevées sur des arbres-mères de 100 ans. La réactivité des bsr issues des pieds-mères plus jeunes est plus rapide. Le taux le plus élevé (87 %) est obtenu chez les bsr prélevées sur des individus âgés d'un an. Chez les jeunes individus de 1 à 5 ans, ces pousses apparaissent après deux mois de culture, tandis que chez les individus âgés de 50 à 100 ans, elles n'apparaissent qu'après quatre mois de mise en culture.

Le traitement hormonal favorise le développement de nombreux « drageons » par bsr. Il améliore aussi le taux de réussite, ainsi que le nombre de pousses feuillées par bsr (jusqu'à 10 « drageons » par bsr). Nsibi et al. (2003) concluent que le BSR du chêne-liège est fortement influencé par l'âge, le substrat de culture, l'activité physiologique saisonnière des pieds-mères et le traitement hormonal. Nsibi et al. (2003) et Ky Dembélé et al. (2010) démontrent l'existence d'une polarité.

Le bouturage classique de bouts de branches

Le bouturage de bouts de branches lignifiées ou semi-lignifiées de 1 à 3 cm de diamètre et de 15 à 30 cm de longueur, à l'instar de ce qui se faisait couramment pour le peuplier, a été testé dès 1976 à la station de Recherches Forestières de Rabat (Platteborze 1977), sans grand succès. Les boutures lignifiées ne conviennent généralement pas, car physiologiquement trop âgées et donnant au mieux quelques rares racicelles peu vigoureuses. Chez l'arganier, elles perdent toutes leurs feuilles et émettent ensuite de nouveaux bourgeons foliaires, sans pour autant produire racines ou cals durant les deux premiers mois (Bellefontaine et al. 2010). Dès qu'il s'agit de matériel végétal âgé, les réussites sont rares (Nouaim 2005 ; Bellefontaine et al. 2010). Or les génotypes sélectionnés au fil du temps par les populations ont un diamètre variant de 30 à 80 cm, soit bien plus de 150 ans, car selon Boudy (1950), « on peut donner à un arbre adulte de 30 cm de diamètre... un âge approximatif de 130 à 150 ans ».

Kaaya (1998) a prélevé des boutures sur de « jeunes » rameaux de 8 à 10 cm de long (sans autre précision) : pour les trois têtes de clone testées à Argana et pour trois périodes de bouturage (19 décembre 1994, 20 mai 1995, 12 mars 1996), 44 boutures sur 260 se sont enracinées en deux à trois mois, spécialement celles réalisées en mars (clone G2f : 15 boutures enracinées sur 50, soit 30 %). Une croissance plagiotrope avec une dominance apicale insuffisante a été constatée pour de nombreux plants enracinés. Le taux d'enracinement le plus élevé l'a été avec un substrat à base de « terragreen » (substrat inerte à base d'argile calcinée désinfectée), qui est supérieur à la vermiculite et au substrat siliceux (Kaaya 1998).

D'autres essais de bouturage ont été menés à l'IAV à Agadir en juillet-août 1996, en mars-avril 1997 et de janvier à avril 1998, sans grand succès (Mokhtari et Zakri 1998) : pour une dizaine d'entre elles, deux à quatre racicelles peu vigoureuses ont été obtenues.

Le bouturage herbacé sous nébulisation (mist)

En juillet et en septembre 2001, deux essais avec des boutures semi-lignifiées (boutures partiellement herbacées) ont été traitées avec l'AIB (1000 ppm pendant 5 secondes) à l'Université d'Agadir. Provenant respectivement de 30 et 20 génotypes, elles ont été mises en place sous une mini-serre avec des brumisations quotidiennes. Les deux essais ont permis d'obtenir après trois à cinq mois un total de 12 et 18 boutures sur 1 400 (Alouani 2003).

Le « Projet J. GOELET de clonage de vieux arganiers » au CRRF de Marrakech s'est déroulé de juillet 2007 à décembre 2011. Il a été financé principalement par un don privé que M. John GOELET a mis à la disposition du CIRAD¹, CRRF² et AAMHNM³. De fin 2007 à juillet 2010, 9 375 boutures herbacées et semi-lignifiées ont été réalisées au CRRF, sans compter des essais annexes et ceux de 2011.

Les meilleurs résultats ont été obtenus avec des boutures herbacées placées dans un mélange à parts égales perlite / tourbe ou perlite / compost local (substrat d'enracinement) : 80 à 100 % de réussite en fonction des saisons sous nébulisation artificielle et confinement. Plus les boutures sont juvéniles, plus le taux d'enracinement est élevé. Ce taux dépend vraisemblablement du génotype, notamment pour les clones TC 10 et 14. Les hormones sont très difficiles à doser en fonction des clones et des saisons. Les températures estivales (Fig. 14) et hivernales à Marrakech ne sont pas toujours favorables.

Cette méthode peut dorénavant être utilisée par les pépiniéristes marocains. Il reste à améliorer les taux de réussite du sevrage, ce qui semble aisé (Bellefontaine et al. 2012-a et e).

Quelques problèmes ont été rencontrés et notamment un manque de rigueur dans le suivi quotidien : toutes les opérations et résultats auraient du être normalement consignés dans un registre spécial « Essais ». Une très grande rigueur et une volonté de précision constante sont nécessaires à tous les niveaux, que ce soit pour la récolte des ramets, évolution dans le temps du mode et de la durée de brumisation, méthode adéquate de sevrage, etc.). L'étiquetage ne peut être délégué à un ouvrier !

¹ CIRAD : Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Montpellier, France.

² CRRF : Centre Régional de Recherche Forestière à Marrakech

³ AAMHNM : Association des Amis du Musée d'Histoire Naturelle de Marrakech.



Fig. 14 : Bouture herbacée (installée fin juin 2008), âgée de 3 mois (CRRF – Photo Bellefontaine).

Les taux d'enracinement après 3 à 4 semaines étaient très élevés (80-100 %), mais trop de boutures bien enracinées meurent après le repiquage. Lors des 2 à 3 courtes missions annuelles d'appui du Cirad, le registre d'essais n'étant pas tenu, nous ne pouvons qu'émettre des hypothèses : repiquage trop tardif avec rupture des racines néoformées très fragiles, stress hydrique dû au fait que ces boutures blessées ne seraient pas transplantées à l'ombre sous nébulisation dans la minute qui suit leur extraction (qui est sans doute trop brutale ?), nébulisation durant le sevrage insuffisamment surveillée lors de fortes chaleurs, etc. Il est conseillé de prélever très délicatement les boutures, sans causer de dégâts aux racines adventives excessivement fragiles, lorsque ces dernières ont maximum 2 cm de long, puis de transférer les boutures dans les secondes qui suivent dans un substrat d'élevage adéquat, plus riche ou à défaut d'utiliser des mottes importées (mottes «*Fertiss*» dont le substrat est retenu par un papier «non-tissé», très vite traversé par les racines). Le sevrage, toujours délicat, et la nébulisation doivent être suivis plusieurs fois par jour et ne peuvent jamais être réalisés la veille d'absences du responsable (Bellefontaine et al. 2012-e).

La validation des essais doit reposer sur un dispositif statistique randomisé avec un témoin de référence (conservé d'un essai à l'autre). Il faut aussi programmer suffisamment de semis d'arganiers « tout venant » pour réaliser quatre répétitions par traitement afin de pouvoir tirer des conclusions fiables et placer les répétitions de manière aléatoire sous le tunnel (loin des brumisateurs).

Le chef de culture doit être très vigilant et assurer l'entretien régulier des brumisateurs, mais aussi des réservoirs d'eau, tuyaux d'adduction, filtres. Lorsque des brumisateurs sont mal réglés, ils gouttent sur les godets et conteneurs, déracinent les boutures et biaisent les essais. L'aération des tunnels, très tôt le matin, a été recommandée durant les périodes les plus chaudes afin d'éviter la prolifération d'algues sur la face interne des tunnels de confinement entraînant une opacification et un manque de lumière pour les boutures. L'emploi d'acier galvanisé, plus cher, est à conseiller, notamment pour les supports hors sol, car il ne rouille pas. Ces résultats et recommandations sont issus d'une récente communication (Bellefontaine et al. 2012-e).

La culture in vitro

La micro-propagation sur l'arganier a débuté en 1987 (Kenny 2007) avec des milieux de culture et régulateurs de croissance disponibles à l'époque : plusieurs essais ont produits des cals. En 1994, les études de micro-bouturage d'une autre équipe (Nouaim 1994) avaient permis d'obtenir quatre explants sur 28. De 1994 à 2004, plusieurs essais ont à nouveau eu lieu à l'IAV-Agadir avec un protocole décrit par Kenny (2007). Ce dernier constate que la formation de racines est difficile à obtenir et que de nombreux problèmes restent à régler : nécrose apicale, cal, absence de racines secondaires, contamination, blocage de l'allongement racinaire, acclimatation des vitro-plants (Bellefontaine 2010).

A l'INRA-Dijon⁴, des essais ont porté sur du matériel végétal provenant de pieds-mères âgés d'un à trois ans, élevés en serre à Dijon. Le protocole de production de micro-boutures (Nouaim 1994 ; Nouaim et al. 2002 ; Nouaim 2005) préconise d'employer le milieu de Murashige et Skoog (ou Milieu MS) qui induit un bon développement de pousses de plus de 5 cm chez certains clones (Nouaim et al. 2002). D'autres clones montrent des taux de multiplication faibles et ont des apex nécrosés sur divers milieux testés. Quand les micro-boutures s'enracinent dans des tubes contenant du « terragreen » à la place de l'agar, le niveau d'enracinement est bien supérieur, prouvant par là que l'arganier est plus sensible aux propriétés du substrat qu'à sa composition chimique (Nouaim et al. 2002). Il reste quelques problèmes techniques à régler.

Des travaux de fin d'études ont été entrepris au Maroc et quelques résultats ponctuels ont été obtenus par Bazagra 1989, Bousselmane 2001, Bousselmane et al. 2001, Kenny 2007. Très récemment, l'INRA-Rabat a entrepris des recherches, dévoilées au 1^{er} Congrès International sur l'Arganier qui s'est tenu en décembre 2011 (Bellefontaine et al. 2012-a), mais rien n'a encore été publié. Il semble bien qu'avec la culture *in vitro*, pour obtenir des résultats fiables, quelques années seront encore nécessaires pour lancer sur le marché des vitro-plants sains, performants, à faible coût et pour tester la reproductibilité effective des caractères qualitatifs sélectionnés.

Conclusions

Les ressources génétiques sont la source essentielle de richesses à protéger pour faire face aux nouvelles contraintes environnementales et climatiques des décennies à venir en Algérie notamment. La production de graines de qualité supérieure reste une démarche essentielle pour les plantations futures. Un verger à graines d'arganiers - isolé de toute pollution pollinique -, doit être créé.

Parallèlement, il faut mener en Algérie des actions *in situ* pour la conservation de la diversité relictuelle, en voie de réduction rapide. Aucune variété n'a été domestiquée à ce jour.

Une méthode de mobilisation est pratiquement au point : mobilisation par marcottage aérien et création d'un parc à clones à proximité d'une aire de bouturage sous confinement et avec nébulisation (Bellefontaine et al. 2012-a, e et f).

Il faut aussi poursuivre les recherches, tant sur le plan de la multiplication végétative que sur le plan sylvicole, car beaucoup d'informations manquent encore à ce jour, notamment pour la production de boutures de nombreux génotypes à mobiliser dans les parcs à clones, puis dans les futurs vergers à graines (et éventuellement à commercialiser dans le cadre de plantations privées) :

- rajeunissement physiologique optimal en partant d'arganiers âgés de 200 à 400 ans voire plus,
- rapidité de la croissance juvénile aérienne et racinaire,
- résistance des clones aux chablis,
- gestion satisfaisante des pieds-mères en pépinière de bouturage,
- soins apportés au moment de la plantation,
- impact des arrosages durant la première année,
- fertilisation et associations symbiotiques,
- élagage juvénile éventuel en vue d'augmenter la production quantitative de fruits,
- etc.).

A l'avenir, il faudra :

- moderniser les pépinières (graines sélectionnées, substrat standard adapté, godets rainurés en « hors sol », démariage des semis, mycorhization contrôlée en pépinière),
- former les personnels (pépiniéristes diplômés ; planteurs ; gestionnaires de parc à clones),
- mener des études pour optimiser le taux de réussite des plantations,
- poursuivre les recherches génétiques (variabilité, héritabilités) et sélectionner des clones adaptés aux objectifs nationaux,
- créer des parcs à clones (protégés) en vue de l'installation de vergers à graines,
- impliquer les populations riveraines dans la gestion durable de l'arganeraie (approche participative effective, coordination des divers intervenants à tous les niveaux),

⁴

- réduire les risques sur la filière huile et diversifier les co-produits de l'arganier (feuilles, pulpe, tourteau) et de l'arganeraie (plantes médicinales, miel, co-produits extraits),
- conforter l'image de marque de l'huile d'argan et étudier les marchés, la demande des consommateurs et leur évolution, en vue de s'y adapter,
- continuer les efforts de certification de la qualité (contrôle systématique ; détection de l'adultération ; implantation de laboratoires d'analyses) et de labellisation (produits et services), notamment sur les marchés d'exportation, etc. (Bellefontaine et al. 2012-a).

Bibliographie

Ait Aabd N., 2007. Développement du gamétophyte mâle et femelle chez *Argania spinosa* (L.) Skeels. DESA, Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences, Agadir, 1-31.

Ait Aabd N., El Ayadi F., Msanda F., El Mousadik A., 2011. Evaluation of agromorphological variability of Argan tree under different environmental conditions in Morocco: Implication for selection. *International Journal of Biodiversity and Conservation* 3 (3) 73-82.

Alifriqui M., 2004 – L'écosystème de l'arganier. Rapport d'étude, Programme des Nations Unies pour le développement, PNUD Maroc, Rabat, 1-127.

Alouani M., 2003. Régénération de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) : protocole de production de plants par semis et par bouturage et réussite de la transplantation. Thèse Doctorat ès Sciences. Université Ibnou Zohr, Faculté des Sciences, Agadir, 1-166.

Alouani M., Bani-Aameur F., 1999. Emergence et survie des plantules d'arganier en pépinière. *In*: First international conference of biodiversity and natural resources preservation. Book of abstracts, Ifrane, May 13-14, 1999. Al Akhawayn University, School of Science and Engineering, p. 115.

Alouani M., Bani-Aameur F., 2004. Argan (*Argania spinosa* (L.) Skeels) seed germination under nursery conditions: effect of cold storage, gibberellic acid and mother-tree genotype. *Annals of Forest Science*, 61 (2) 191-194.

Aziki S., 2002. L'arganeraie du Sud-Ouest marocain : développement durable et participation dans un système agro-sylvo-pastoral en voie de dégradation. Thèse doctorat, Université Libre de Bruxelles, 1-239.

Aziz L., Elharousse L., Mormont M., Bellefontaine R., Allal K., Elamarani M., 2012. Les conséquences de la marchandisation de l'arganier sur la vie socio-économique et culturelle à Haha. Congrès international Arganier 15-17 décembre 2011, Agadir. Communication acceptée (sous presse).

Bani-Aameur F., 1999. La caractérisation de la diversité de l'arganier par les descripteurs morphologiques. *In*: First international conference of biodiversity and natural resources preservation. Book of abstracts, Ifrane, May 13-14, 1999. Al Akhawayn University, School of Science and Engineering, p. 41.

Bani-Aameur F., 2000. Phenological phases of *Argania spinosa* (L. Skeels) flower. *Forest Genetics*, 7 (4) : 329-334.

Bani-Aameur F., 2001. Floraison et production de fruits de l'arganier. *In* : Des modèles biologiques à l'amélioration des plantes. VII journées scientifiques du réseau AUF & Biotechnologies végétales : amélioration des plantes et sécurité alimentaire. Ed. Hamon S. Montpellier, IRD Editions, 172-178.

Bani-Aameur F., Alouani M., 1999. Viabilité et dormance des semences d'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels). *Ecologia Mediterranea*, 25 (1) 75-86.

Baumer. M., Zeraia L., 1999. La plus continentale des stations de l'arganier en Afrique du Nord. *Revue Forestière Française*, 51 (3) 446-452.

Bazagra B., 1989. Contribution à la culture *in vitro* de l'arganier. Mémoire Ingénieur, IAV Agadir, 54 p.

Belghazi B., Ezzahiri M., El Kharouider A., Belghazi T., 2007. Bilan des nouveaux recépages de l'arganeraie d'Ida ou Throuma (Tamanar) : vitesse de croissance des rejets et vigueur des souches en relation avec le milieu. Ann. Rech. For. Maroc, 38 106-123.

Bellefontaine R., 2005. Pour de nombreux ligneux, la reproduction sexuée n'est pas la seule voie : analyse de 875 cas. Sécheresse, 16 (4) 315-317 ; Sécheresse, revue électronique, n° 3^E, décembre 2005 => http://www.secheresse.info/article.php3?id_article=2344

Bellefontaine R., 2010. De la domestication à l'amélioration variétale de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) ? Sécheresse, 21 (1) 42-53.

Bellefontaine R., Ferradous A., Alifriqui M., Monteuis O., 2010. Multiplication végétative de l'arganier (*Argania spinosa*) au Maroc : le projet John Goelet. Bois et forêts des tropiques, 304 (2) 47-59.

Bellefontaine R., Pioch D., Palu S., 2012-a. Compte-rendu du 1^{er} Congrès international sur l'arganier, Agadir, 15-17 décembre 2011. Un nouveau départ pour la recherche relative à l'arganier. Sécheresse, 23, 57-61. Doi : 10.1684/sec.2012.0337

Bellefontaine R., Achour A., Defaa C., Ferradous A., Fellmann M., Falconnet G., 2012-b. Etude de l'enracinement de 18 arganiers. Congrès international Arganier 15-17 décembre 2011, Agadir. Communication acceptée (sous presse).

Bellefontaine R., Bouzoubâa Z., Mathez J., 2012-c. Le fruit de l'arganier est-il une drupe ou une baie ? Congrès international Arganier 15-17 décembre 2011, Agadir. Communication acceptée (sous presse).

Bellefontaine R., Ferradous A., Alifriqui M., Bouzoubâa Z., Ky-Dembélé C., Nsibi R., Le Boulter H., Meunier Q., 2012-d. Multiplication végétative d'arganiers par greffes, drageons et boutures de segments racinaires. Congrès international Arganier 15-17 décembre 2011, Agadir. Communication acceptée (sous presse).

Bellefontaine R., Ferradous A., Alifriqui M., Fikari O., El Mercht S., 2012-e. Mobilisation de vieux arganiers par bouturage sous nébulisation artificielle. Synthèse des trois années du "Projet J. Goelet de clonage d'arganiers". Congrès international Arganier 15-17 décembre 2011, Agadir. Communication acceptée, (sous presse).

Bellefontaine R., Ferradous A., Mokhtari M., Bouiche L., Saibi L., Kenny L., Alifriqui M., Meunier Q., 2012-f. Mobilisation *ex situ* de vieux arganiers par marcottage aérien. Congrès international Arganier 15-17 décembre 2011, Agadir. Communication acceptée (sous presse).

Bellefontaine R., Malagnoux M., Ichaou A., 2012-g. Techniques forestières et Innovations dans les opérations de reboisement. In : Duponnois R. (Ed.), Le projet majeur africain de la Grande Muraille Verte : capitalisation de cinquante (50) ans d'expériences et de connaissances scientifiques et techniques et de savoirs locaux sur la gestion et le développement des zones arides, IRD Montpellier (sous presse).

Benabid A., 1985. Les écosystèmes forestiers, pré-forestiers et pré-steppiques du Maroc : diversité, répartition biogéographique et problèmes posés par leur aménagement. Forêt méditerranéenne, 7 (1) 53-64.

Benabid A., 2000. Flore et écosystèmes du Maroc : évaluation et préservation de la biodiversité. Ed. Ibis Presse, Paris, 359 p.

Benkheira A., 2009. L'Arganeraie algérienne. Bulletin d'information du Projet ALG/00/G35, Conservation de la biodiversité et gestion durable des ressources naturelles, Numéro spécial, 1-15.

Benlahbil S., 2003. Pollinisation naturelle et artificielle de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels). Thèse Doctorat En Sciences. Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences, Agadir, 1-157.

- Benlahbil S., Bani-Aameur F., 1999. Variété et conservation du pollen d'arganier. *In*: First international conference of biodiversity and natural resources preservation. Book of abstracts, Ifrane, May 13-14, 1999. Al Akhawayn University, School of Science and Engineering, p. 113.
- Benzyane M., Khatouri M., 1991. Estimation de la biomasse des peuplements d'arganier dans le plateau de Haha (Essaouira- Maroc). *Ann. Rech. For. Maroc*, (25) 128-140.
- Berka S., Aid F., 2009. Réponses physiologiques des plants d'*Argania spinosa* (L). Skeels soumis à un déficit hydrique édaphique. *Sécheresse*, 20 (3) 296-302.
- Boudy P., 1948. Forêt marocaine. *Encyclopédie coloniale marocaine*. Maroc, pp. 355-370.
- Boudy P., 1950. Monographie et traitement de l'arganier. *In* : Monographie et traitements des essences forestières, Paris, Ed. Larose, tome II, fascicule I, 382-416.
- Bouiche L., 2008. Etude des modes de régénération à faible coût de l'arganier (*Argania spinosa*) au Maroc. Master II « Bioressources en régions tropicales et méditerranéennes », Université Paris XII, 1-60.
- Bourbouze A., El Aich A., 2005. L'élevage caprin dans l'Arganeraie : l'utilisation conflictuelle d'un espace. *Cahier d'études et de recherches francophones / Agricultures*, 14 (5) 447-453.
- Bousselmane F., 2001. Optimisation du micro-bouturage de l'arganier (*Argania spinosa* L.) et étude préliminaire sur la biotisation de sa culture *in vitro*. Thèse de Doctorat, Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences, Agadir, 1-187.
- Bousselmane F., Kenny L., Chlyah H., 2001. Optimisation des conditions de culture pour l'enracinement *in vitro* de l'arganier (*Argania spinosa* L.). *Compte rendu de l'Académie des Sciences, Paris, série III Sciences de la Vie*, 324, 995-1000.
- Bouzoubaa Z., 2006. Etude la variabilité et du comportement de la tolérance aux stress abiotiques chez *Argania spinosa* L. Skeels. Thèse de Doctorat, Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences, Agadir, 1-129 + ann.
- Bouzoubaa Z., El Mousadik A., 2003. Effet de la température, du déficit hydrique et de la salinité sur la germination de l'Arganier - *Argania spinosa* (L.) Skeels. *Acta Botanica Gallica*, 150 (3) 321-330.
- Bouzoubaa Z., El Mousadik A., Belahsen Y., 2006. Variation in amounts of epicuticular wax of leaves of *Argania spinosa* (L). Skeels. *Acta Botanica Gallica*, 153 (2) 167-177.
- Charrouf Z., Guillaume D., 2009. Sustainable development in Northern Africa: The Argan Forest Case. *Sustainability*, 1, 1012-1022.
- Charrouf Z., Pioch D., 2009. Recherche sur l'Arganeraie, l'Arganier et ses produits pour un développement durable. Thème 1 : valorisation de l'huile et autres produits (ARQUADI). *Projet Arganier ADS – Agropolis International, RARGA PROD.2*, 137 p.
- Chaussod R., 2004. Synthèse sur l'état de la recherche sur l'Arganier. Programme d'appui à l'amélioration de la situation de l'emploi de la femme rurale et gestion durable de l'Arganeraie dans le Sud Ouest du Maroc, 19 p.
- Chaussod R., Adlouni A., Christon R., 2005. L'arganier et l'huile d'argane au Maroc : vers la mutation d'un système agroforestier traditionnel ? *Cahiers Agricultures*, 14 (4) 351-355.
- Defaa C., Achour A., Hossayni A., Bellefontaine R., El Mousadik A., Msanda F., 2012. Analyse de l'itinéraire technique d'un périmètre exceptionnellement réussi de régénération d'arganier. *Congrès international Arganier 15-17 décembre 2011, Agadir*. Communication acceptée (sous presse).
- Duponnois R., Ouahmane L., Kane A., Thioulouse J., Ha'di M., Boumezzough A., Prin Y., Baudoin E., Galiana A., Dreyfus B., 2011. Nurse shrubs increased the early growth of *Cupressus* seedlings by

enhancing belowground mutualism and soil microbial activity. *Biology and Biochemistry*, 43, 2160-2168.

Echairi A., Nouaim R., Chaussod R., 2008. Intérêt de la mycorhization contrôlée pour la production de plants d'arganier (*Argania spinosa*) en conditions de pépinière. *Sécheresse*, 19 (4) 277-281.

El Aboudi A., Carlier G., Peltier J.-P., 1991. Régime hydrique de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) dans le Souss (Maroc). Groupe d'Etude de l'Arbre – *In* : *Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides*, Ed. Riedacker A. et al., 389-403.

El Aboudi A., Lacaze B., 2012. Etude de l'évolution de la végétation de l'arganeraie (Sud-ouest du Maroc) à partir de données de télédétection multisources. Congrès international Arganier 15-17 décembre 2011, Agadir. Communication acceptée (sous presse).

El Aïch A., Bourbouze A., Morand-Fehr P., 2005. La chèvre dans l'arganeraie. Rabat : Institut Agronomique et Vétérinaire, Editions Actes, 127 p.

El Aich A., Bourbouze A., Morand-Fehr P., 2007. La filière chevreau de l'arganeraie, un produit typique et durable. *Ann. Rec. For. Maroc*, (38) 124-37.

El Alaoui N., 1999. Paysages, usages et voyages d'*Argania spinosa* (L.) Skeels (XI-XX siècles). *JATBA, Revue d'ethnobiologie*, 41 (2) 45-79.

El Mousadik A., 1997. Organisation de la diversité génétique de l'arganier *Argania spinosa* (L.) Skeels. Apport des marqueurs nucléaires et cytoplasmiques. Thèse Doctorat d'Etat ès Sciences. Université Ibnou Zohr, Faculté des Sciences, Agadir, 1-112.

El Mousadik A., Petit R.-J., 1996-a. High level of genetic differentiation for allelic richness among populations of the argan tree [*Argania spinosa* (L.) Skeels] endemic to Morocco. *Theor. Appl. Genet.* (92) 832-839.

El Mousadik A., Petit R.J., 1996-b. Chloroplast DNA phylogeography of the argan tree of Morocco. *Molecular Ecology* (5) 547-555.

El Mousadik A. 1999. Application de la PCR-RFLP de l'ADN_{CY} à l'étude de la différenciation génétique chez l'arganier. *In*: First international conference of biodiversity and natural resources preservation. Book of abstracts, Ifrane, May 13-14, 1999. Al Akhawayn University, School of Science and Engineering, p. 42.

El Yousfi S.M., 1988. La dégradation forestière dans le Sud marocain : exemple de l'arganeraie d'Admine (Souss) entre 1969 et 1986. Mémoire de 3ème cycle, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat (Maroc), 1-117.

El Yousfi S M., Benchekron F., 1992. La dégradation forestière dans le sud marocain. Exemple de l'arganeraie d'Admine (Souss) entre 1969 et 1989. *Ann. Rech. For. Maroc* (26) 43-49.

Emberger L., 1925-a. Le domaine naturel de l'arganier. *Bull. Soc. Bot. de France*, (72) 770-774.

Emberger L., 1925-b. Les limites naturelles climatiques de l'arganier. *Bull. Soc. Sci. Nat. Maroc*, 5 (3) 84-97.

Emberger L., 1939. Aperçu sur la végétation du Maroc, Commentaire de la carte phytogéographique du Maroc (au 1/1.500.000). *Inst. Sci. Cherif.*, Rabat, 157 p.

Emberger L., 1960. *Traité de botanique systématique. Les végétaux vasculaires*. Ed Masson, tome II, fasc. 2, 825-855.

Fallah M., 2004. Amélioration de la croissance initiale de jeunes plants d'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels)). Influence des protections individuelles à effet de serre. Thèse Doctorat ès Sciences. Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences, Département de Biologie, Agadir, 1-198.

Faouzi H., 2005. Exploitation du bois dans les arganeraies, Haut-Atlas Occidental. Espaces marocains, revue bimestrielle, novembre-décembre, 12-30.

Faouzi H., 2006. Les bouleversements des arganeraies marocaines. Espaces marocains, revue bimestrielle, janvier-février, 3-26.

Ferradous A., 1995. Diversité génétique de quelques caractères morphologiques du fruit et de la graine d'arganier (*Argania spinosa* L. (Skeels)). DES 3^{ème} cycle. Université Ibnou Zohr, Faculté des Sciences, Agadir, 1-190.

Genin D., Simenel R., 2010-a. Hey, my Berber friend, draw me a forest ! The functional shaping of rural forests in southern Morocco. Conférence internationale : "Taking stock of smallholder and community forestry: where do we go from here?" 24-26 mars 2010 Montpellier, France, CIFOR, IRD, CIRAD, 14 p.

Genin D., Simenel R., 2010-b. Endogenous berber forest management and the functional shaping of rural forests in Southern Morocco: implications for shared forest management options. Hum. Ecol., (39) 257-269.

Jaafar B., Alifriqui M., 1998. Les espèces végétales "clé de voute" pour la réhabilitation des arganeraies du bassin versant de l'Oued Sous (Maroc). Actes du Colloque International sur les Ressources Végétales, Faculté des Sciences d'Agadir, 23-25 avril 1998, 143-147.

Kaabèche M., Benkheira A., de Foucault B., 2010. L'arganeraie d'Algérie : structure, écologie, syntaxonomie, dynamique. Acta Botanica Gallica, 157 (3) 563-572.

Kaaya M., 1998. Contribution à la domestication de l'arganier : sélection et multiplication. Thèse DES 3^{ème} cycle. Université Ibnou Zohr, Faculté des Sciences, Agadir, 1-174.

Kenny L., 2007. Atlas de l'arganier et de l'arganeraie. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Agadir, 1-191.

Kenny L., Galiana A., Bellefontaine R., 2009. Projet UE/MEDA/ADS. Appui à l'amélioration de la situation de l'emploi de la femme rurale et gestion durable de l'arganeraie dans le sud-ouest du Maroc – Thème 2 : Multiplication végétative et symbioses racinaires de l'arganier : Optimisation des agro-systèmes à base d'arganier. Agence du développement social (Maroc) et Agropolis (France). Rapport final, 1-71.

Ky-Dembélé C., Tigabu M., Bayala J., Savadogo P., Boussim I.J., Oden P.C., 2010. Clonal propagation of *Detarium microcarpum* from root cuttings. Silva Fennica, 44 (5) 775-787.

Le Boulter H., Brahic P., Bouzoubâa Z., Achour A., Defaa C., Bellefontaine R., 2012. L'amélioration des itinéraires techniques en pépinière de production d'arganiers en mottes-conteneurs hors sol. Congrès international Arganier 15-17 décembre 2011, Agadir. Communication acceptée (sous presse).

Le Polain de Waroux Y., Lambin E.F., 2011. Monitoring degradation in arid and semi-arid forests and woodlands: the case of the argan woodlands (Morocco). Applied Geography (32) 777-786.

Majourhat K., Jabbar Y., Araneda L., Zeinalabedini M., Hafidi A., Martinez-Gomez P., 2007. Karyotype characterization of *Argania spinosa* (L.) Skeel (*Sapotaceae*). South African Journal of Botany, 73 661-663.

Miloudi A., Belkhodja M., 2009. The Contribution to the Research of the Germination Conditions of Argan Seeds (*Argania Spinosa* L. Skeels): the Particular Study of the Water Pre-Soaking Duration and the Harvest Year of Seeds Effects on the Germination. European Journal of Scientific Research, 25 (3) 376-383.

Meunier Q., Bellefontaine R., Boffa J.M., Bitahwa N., 2006. Low-cost vegetative propagation of trees and shrubs. Technical Handbook for Ugandan rural communities. Kampala, Uganda, Angel Agencies et Cirad, Montpellier (éd.), 1-66.

Meunier Q., Arbonnier M., Morin A., Bellefontaine R., 2008. Trees, shrubs and climbers valued by rural communities in Western Uganda. Utilisation and propagation potential. GraphiConsult (U) Ltd, (ed.), Kampala, Uganda, 1-106.

M'hirit O., Benzyane M., Benchekroun F., EL Yousfi S-M., Bendaanoun M., 1998. L'arganier. Une espèce fruitière-forestière à usages multiples. Éditions Mardaga, Sprimont (Belgique), 1-151.

M'hirit O., Blérot P., 1999. Le grand livre de la forêt marocaine. Ed. Mardaga, 1-280.

Miloudi A. et Belkhodja M., 2009. The Contribution to the Research of the Germination Conditions of Argan Seeds (*Argania Spinosa* L. Skeels): the Particular Study of the Water Pre-Soaking Duration and the Harvest Year of Seeds Effects on the Germination. European Journal of Scientific Research, 25 (3) 376-383.

Mizrahi Y., Nerd A., 1996. New crops as a possible solution for the troubled Israeli export market. In: J. Janick (ed.), Progress in new crops. ASHS Press, Alexandria VA, 37-45.

Mokhtari M., 2002. Le greffage de l'arganier. Un challenge pour la multiplication clonale. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA (Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture, Rabat), 95, 3-4.

Mokhtari M., Zakri B., 1998. Limites phytotechniques et physiologiques au bouturage, marcottage et greffage de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels). Agadir, Actes Coll. Int. sur Ress. Vég., Fac Sc Agadir, 124-31.

Monnier Y., 1965. Les problèmes actuels de l'arganeraie marocaine. Revue Forestière Française, 17, 750-762.

Morin A., Bellefontaine R., Meunier Q., Boffa JM., 2010. Harnessing natural or induced vegetative propagation for tree regeneration in agroecosystem. Acta Botanica Gallica, 157 (3) 483-492.

Moukal A., 2004. L'arganier, *Argania spinosa* L. (Skeels), usage thérapeutique, cosmétique et alimentaire. Phytothérapie (5) 135-141.

Msanda F., El Aboudi A., Peltier J.-P., 2005. Biodiversité et biogéographie de l'arganeraie marocaine. Cahiers Agricultures, 14 (4) 357-363.

Naggar M., Mhirit O., 2006. L'arganeraie : un parcours typique des zones arides et semi-arides marocaines. Sécheresse, 17 (1) 314-317.

Nerd A., Irijimovich V., Mizrahi Y., 1998. Phenology, breeding system and fruit development of argan (*Argania spinosa*, Sapotaceae) cultivated in Israël. Econ. Botany, 52 (2) 161-167.

Nouaïm R., 1994. Ecologie microbienne des sols d'arganeraies : activités microbiologiques des sols et rôle des endomycorhizes dans la croissance et la nutrition de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels). Thèse Doctorat ès Sciences, Université Ibnou Zohr, Faculté des Sciences, Agadir, 1-214.

Nouaïm R., 2005. L'arganier au Maroc, entre mythes et réalités. L'Harmattan, Paris, 1-239.

Nouaïm R., Chaussod R., 1994. Mycorrhizal dependency of micropropagated argan tree (*Argania spinosa*) - I. Growth and biomass production. Agroforestry Systems, 27 (1) 53-65.

Nouaïm R., Chaussod R., 1996. Rôle des mycorhizes dans l'alimentation hydrique des plantes, notamment des ligneux en zones arides. Options Méditerranéennes, 20 : 9-26.

Nouaïm R., Echairi A., Kaaya M., Chaussod R., 2007. Contribution à la domestication de l'arganier pour la production d'huile. Cahiers Agricultures, 16 (3) 199-204.

Nouaïm R., Lineres M., Esvan J-M., Chaussod R., 1994. Mycorrhizal dependency of micropropagated argan tree (*Argania spinosa*) - II. Mineral nutrition. Agroforestry Systems, 27 67-77.

Nouaim R., Mangin G., Breuil M-C., Chaussod R., 2002. The argan tree (*Argania spinosa*) in Morocco: Propagation by seeds, cuttings and *in vitro* techniques. *Agrofor. Syst.* 54 (1) 71-81.

Nsibi R., 2005. Sénescence et rajeunissement des subéraies de Tabarka, Ain Draham avec approches écologiques et biotechnologiques. Université de Tunis II, Fac. Sc., thèse, 1-156.

Nsibi R., Souayah N., Khouja M.L., Khaldi A., Rejeb M.N., Bouzid S., 2003. Le drageonnement expérimental du chêne liège (*Quercus suber* L., *Fagaceae*). Effets de l'âge et des conditions de culture. *Geo-Eco-Trop*, 27 (1-2) 29-32.

Peltier J-P., 1983-a. Les séries de l'arganeraie steppique dans le Sous (Maroc). *Ecologia Mediterranea*, tome IX (1) 77- 98.

Peltier J-P., 1983-b. Ecologie de quelques espèces climaciques dans le Sous (Maroc Occidental). Grenoble, Documents de Cartographie Ecologique, Vol. XXVI, 61-82.

Peltier J-P., 1984. Climax de végétation dans le bassin versant de l'Oued Sous (Maroc). *Feddes Repertorium*, 95 (1-2) 89-96.

Peltier J-P., 1986. L'étage de végétation infra-méditerranéen dans le Sous (Maroc). Documents phytosociologiques, Vol X.

Peltier J-P., Carlier G., El Aboudi A., Doche B., 1990. Evolution journalière de l'état hydrique des feuilles d'Arganier [*Argania spinosa* (L.) Skeels] sous bioclimat aride à forte influence océanique (plaine du Sous, Maroc). *Acta Oecologica*, 11 (5) 643-668.

Perrot E., 1907. Le Karité, l'Argan et quelques sapotacées à graines grasses de l'Afrique, pp. 127-158. *In*: Les végétaux utiles de l'Afrique tropicale Française, fascicule 2 : Le karité, l'argan et quelques autres sapotacées à graines grasses de l'Afrique. Perrier E., Roume E., Chevalier A. (Eds), Challamel, Paris, 1-194.

Petit R., El Mousadik A., Pons O., 1998. Identifying populations for conservation on the basis of genetic markers. *Conservation Biology* 12 (4) 844-855.

Platteborze A., 1977. Le bouturage des arbres forestiers au Maroc. Bilan des essais réalisés en 1975 et 1976. *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*, 17, 145-190.

Pumareda L., Henry F., Charrouf Z., Pauly G., Falconnet G., 2006. Valorisation des feuilles d'arganier : impact environnemental. *Bois et forêts des tropiques*, 35-44.

Roose E., Bellefontaine R., Visser M. 2011. Six rules for the rapid restoration of degraded lands: synthesis of 16 case studies in tropical and Mediterranean climates. *Sécheresse*, 22 (2) 86-96.

Reda Tazi M., Berrichi A., Haloui B., 2003. Esquisse cartographique de l'aire de l'arganier *Argania spinosa* (L.) Skeels au Maroc nord-oriental. *Bulletin de l'Institut scientifique, Rabat, section Sciences de la vie*, 25, 53-55.

Sahki A., Rabéa-Sahki B., 2004. Le Hoggar. *Promenade Botanique, Alger*, 1-279.

Saibi L., 2007. Multiplication végétative de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels). Paris, Université Paris XII, Master II «Bioressources en Régions Tropicales et Méditerranéennes», 1-60.

Simenel R., 2004. De la forêt du saint au pâturage des chrétiens. Perception du paysage et gestion du couvert végétal chez les Ait Ba'amran du Sud Marocain. *Cahiers de recherche du Centre Jacques Berne (CJB)*, I, 119-133.

Simenel R., 2007. L'origine est aux frontières : espace, histoire et société dans une terre d'exil du Sud Marocain. Doctorat d'ethnologie, Thèse , Université Paris X Nanterre, 1-400.

Simenel R., Michon G., Auclair L., Thomas Y., Romagny B., Guyon M., 2009. L'Argan : l'huile qui cache la forêt domestique. De la valorisation du produit à la naturalisation de l'écosystème. *Autrepart*, 50, 51-74.

Smiej M-F., Lacaze B., El Aboudi., Layelmam M., 2010. Etude du milieu naturel de l'arganeraie de Tamanar. Cartographie et estimation de la densité de l'arganier par télédétection spatiale. *GeoObservateur*, 18, 1-17.

Tarrier M-R., Benzyane M., 2003. L'arganeraie marocaine se meurt : problématique et bio-indication. *Sécheresse revue électronique* 1^E, 12 p. http://www.secheresse.info/article.php3?id_article=228.

Tazi M.R., Berrichi A., Haloui B., 2003. Effet du polyéthylène glycol sur la germination et la croissance *in vitro* de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) des Beni-Snassen (Maroc oriental). *Sécheresse*, 14 (1) 23-27.

Wajih M., 2003. Recherche sur la relation entre l'activité enzymatique de l'isocitrate lyase et les réserves lipidiques dans les graines d'arganier en germination. Mémoire DESA, Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences, Agadir, 1-28 + ann.

Yaghmur A., Aserin, A., Mizrahi Y., Nerd A., Garti N., 2001. Evaluation of Argan Oil for Deep-Fat Frying. *Lebensm.-Wiss. und Technol.*, 34, 124-30.

Zahidi A., 2004. Analyse de la variabilité de la feuille, de la croissance et de la ramification de la tige et de la racine des plantules d'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels), effet du *Fusarium oxysporum* sur la fonte des semis d'arganier. Thèse Doctorat ès Sciences, Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences, Agadir, 1-132.

Zahidi A., Bani-Ammeur F., 1998-a. Phénologie de la foliation de l'arganier. Actes du Colloque International sur les Ressources Végétales, Faculté des Sciences d'Agadir, 174-176.

Zahidi A., Bani-Ammeur F., 1998-b. Phénologie de la ramification de l'arganier. Actes du Colloque International sur les Ressources Végétales, Faculté des Sciences d'Agadir, 177-179.

Zugmeyer L., 2006. Projet de développement sylvo-pastoral de l'arganeraie marocaine (Commune Rurale de Tiout, Taroudant, Maroc). Mémoire de fin d'études, Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Nancy, France, 1-83.

Zunzunegui M., Ain-Lhout F., Jáuregui J., Díaz Barradas M.C., Boutaleb S., Álvarez-Cansino L., Esquivias M.P., 2010. Fruit production under different environmental and management conditions of argan, *Argania spinosa* (L.). *Journal of Arid Environments* 74, 1138-1145.